

**SEMICONDUCTOR LASER AND ITS MANUFACTURING METHOD**

Publication number: JP10084161

Publication date: 1998-03-31

Inventor: HASHIMOTO JUNICHI; MURATA MICHIRO; IKOMA NOBUYUKI; FUKUI JIRO

Applicant: SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES

Classification:

- International: H01S5/00; H01S5/16; H01S5/323; H01S5/343; H01S5/00; (IPC1-7): H01S3/18

- European: H01S5/16D

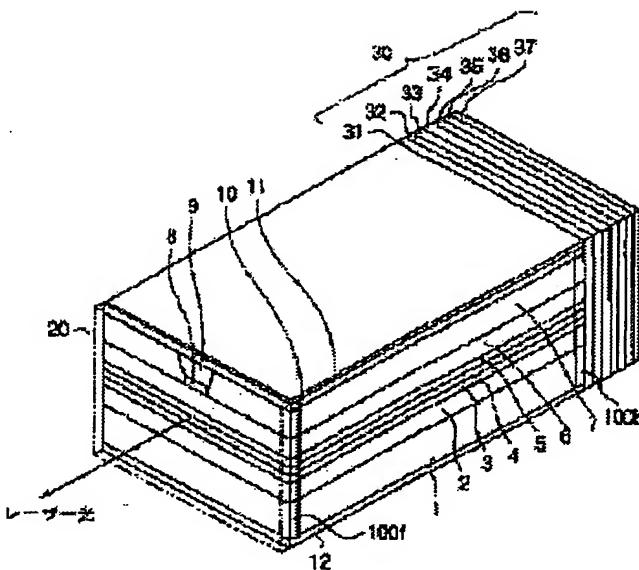
Application number: JP19960237023 19960906

Priority number(s): JP19960237023 19960906

Also published as:

 US6067310 (A)
[Report a data error](#)**Abstract of JP10084161**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To keep the continuous high output light emission for a long time. **SOLUTION:** An element N which is not contained in an active layer 4 is introduced into the active layer 4 through its end surface. Then, a region near the upper end surface of the active layer 4 is replaced with compound material 100f which contains the element N and has an energy band gap wider than the energy band gap of the active layer 4 and, further, through which a laser beam generated in the active layer 4 is emitted.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-84161

(43)公開日 平成10年(1998)3月31日

(51)Int.C1.<sup>6</sup>

H 01 S 3/18

識別記号 庁内整理番号

F I

H 01 S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3

O L

(全7頁)

(21)出願番号 特願平8-237023

(22)出願日 平成8年(1996)9月6日

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 橋本 順一

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 村田 道夫

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 生駒 輝之

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

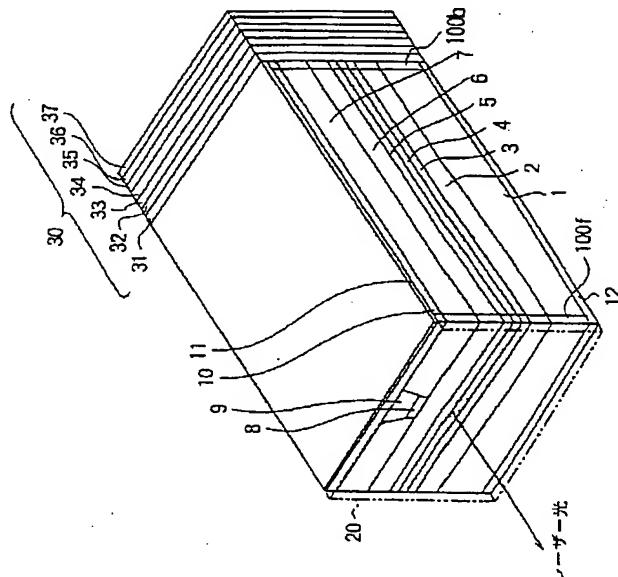
最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体レーザ及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 優れた特性の半導体レーザ及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 本方法は、活性層4の端面4fから、活性層4内に、活性層4に含まれない元素Nを導入し、活性層4の端面4f近傍の領域を、この元素Nを含み、活性層4よりも広いエネルギー帯ギャップを有し、且つ、その中を通じて活性層4内部で発生したレーザ光が射出される化合物材料100fに置換する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 化合物半導体層の端面から、元素を導入し、前記化合物半導体層の前記端面近傍の領域を、前記化合物半導体層よりも広いエネルギー帯ギャップを有する化合物材料に置換する工程を備えることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項2】 前記導入は、磁場とマイクロ波の相互作用を利用して、前記元素をプラズマ化することにより行うことの特徴とする請求項1に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項3】 レーザ光をその端面から出射するための化合物半導体層と、前記端面近傍に設けられ、前記化合物半導体層よりも広いエネルギー帯ギャップを有する層と、を備えることを特徴とする半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信、光記録及び光情報処理等の分野で用いられる半導体レーザ及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の半導体レーザは、高出力で長時間の連続発光を行うことが困難であった。特に、長距離光通信においては、このような特性を満たす半導体レーザがあれば、当該半導体レーザを内部に有する光中継器の数を低減することができるとともに、この半導体レーザを交換する必要がなくなる。半導体レーザが高出力で長時間連続発光できない原因の1つは、高出力時における光出射端面の溶融破壊にあると考えられている。この故障は、半導体レーザの高出力連続発光動作中に突然生じるため、COD (Catastrophic Optical Damage) と呼ばれている。特に、1.1 μm以下の発振波長の半導体レーザにおいては、CODは頻発する。EDFA (エルビウム添加ファイバ増幅器) に代表される光ファイバ増幅器用の光源として、発振波長約0.98 μmの半導体レーザが期待されるが、現在の波長1.1 μm以下の半導体レーザでは、上述のように高出力長時間の連続発光を行うことが困難なため、このような光ファイバ増幅器を用いた長距離光通信の実用化が阻まれている。

【0003】 CODを抑制する手段として、半導体レーザ活性層端面と反射膜との間の非発光再結合中心の密度を低下させたり、或いは、その増殖を抑制することが考えられる。発振波長の光に対して透明なワイドエネルギー帯ギャップの半導体層をこの端面に形成する所謂ウインドウ構造は、ワイドエネルギー帯ギャップの半導体層が端面近傍において非吸収領域として機能するため、非発光再結合中心の増殖が抑えられ、端面劣化が生じにくくなる。また、活性層の端面近傍に電流非注入領域を設けることで端面へのリーク電流を低減させる構造も考えられ、このリーク電流の低減により端面における非発光センターの増殖を防止する。さらに、米国特許第

5144634号に記載されるような厚さ数nmの超薄膜で端面をコーティングした構造の半導体レーザが考えられている。

【0004】 また、特開平6-5986号公報には、活性層に含まれる元素と同一の元素を当該端面から導入することにより、活性層の端面を高抵抗化する方法が開示されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、いずれの構造の半導体レーザにおいても、真空中での劈開を必要としたり、新たな半導体層を端面に設けたりする必要があり、その製造装置が複雑である。また、このような方法を用いて製造された半導体レーザの再現性も高くなないとと思われる。そして、活性層に含まれる元素と同一の元素を当該端面から導入する場合は、活性層の端面近傍が高抵抗化するものの、製造された半導体レーザの高出力長時間の連続発光特性は十分とは言えない。

【0006】 本発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、高出力長時間の連続発光を行うことが可能な半導体レーザ及びその製造方法を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明に係る半導体レーザの製造方法は、化合物半導体層の端面から、元素を導入し、化合物半導体層の端面近傍の領域を、化合物半導体層よりも広いエネルギー帯ギャップを有する化合物材料に置換する工程を備える。本方法によれば、元素を当該端面から導入し、端面近傍の化合物半導体層を、この化合物半導体層よりも広いエネルギー帯ギャップを有する化合物材料で置換するので、化合物半導体層の端面近傍が発振波長に対して透明な所謂ウインドウ領域として機能し、端面劣化を防止することができる。また、この化合物半導体層は、GaInAs、GaInAsP又はGaInAsNであり、前記元素は、窒素又は隣であることが好ましい。これらの元素との置換によって、GaInAs、GaInAsP又はGaInAsNの一部は、上記化合物半導体層よりもエネルギー帯ギャップの広いGaN系化合物半導体、GaInAsP系化合物半導体又はGaP系化合物半導体に置換される。さらに、この導入は、磁場とマイクロ波の相互作用を利用して、前記元素をプラズマ化することにより行なうことが好ましく、この場合、良質の化合物層が形成される。そして、このような方法により製造された半導体レーザは、レーザ光をその端面から出射するための化合物半導体層と、この端面に設けられ、前記化合物半導体層よりも広いエネルギー帯ギャップを有する層とを備える。

## 【0008】

【発明の実施の形態】 以下、本発明に係る半導体レーザ及びその製造方法の一実施の形態について、添付の図面

を用いて説明する。なお、同一要素には同一符号を用い、重複する説明は省略する。

【0009】図1は、本実施の形態に係る半導体レーザの斜視図である。まず、本半導体レーザの構造について説明する。本半導体レーザは、基板1上に順次積層された下部クラッド層2、下部光閉じ込め層3、活性層（化合物半導体層）4、上部光閉じ込め層5、第1上部クラッド層6、ガイド層8、第2上部クラッド層9及びコンタクト層10を備え、好ましくは0.9~1.1μm、具体的には0.98μmの波長のレーザ光を出射することが可能である。また、本半導体レーザは、その長手方向に延びる溝によって分割された電流ブロック層7を、第1上部クラッド層6とコンタクト層10との間に有する。ガイド層8及び第2上部クラッド層9は、電流ブロック層7を分割する溝（以下、分割溝）内に埋設されている。コンタクト層10上面及び基板1下面には、それぞれ、オーミック電極11及び12が形成されている。

【0010】化合物半導体層2~6の分割溝直下の領域、及び溝内の層8、9は、共振器を構成し、分割溝長手方向の両端を含むこれらの層の端面は、共振器両端の反射端面（結晶劈開面）を構成する。レーザ光の出射される側の反射端面（以下、出射面）上には、活性層4よりも広いエネルギー bandwidth ギャップを有する化合物材料100fが形成されている。また、化合物材料100fの表面上には、SiN反射低減膜（以下、反射膜）20が形成されている。出射面に対向する反射端面（以下、高反射面）には、活性層4よりも広いエネルギー bandwidth ギャップを有する化合物材料100bが形成されている。この化合物材料100bの表面上には、多層反射膜30が形成されている。多層反射膜30は、誘電体薄膜31、アモルファスSi膜32、誘電体薄膜33、アモルファスSi膜34、誘電体薄膜35、アモルファスSi膜36及び誘電体薄膜37から構成されている。

【0011】次に、各構成要素の材料等について説明する。基板1は、n型GaAsからなり、100μm程度の厚みを有する。下部クラッド層2は、n型GaInPからなり、好ましくは1~2μm、具体的には1.5μmの厚みを有する。下部光閉じ込め層3は、アンドープGaInAsPからなり、好ましくは数十nm、具体的には47nmの厚みを有する。活性層4は、アンドープGaInAsからなり、好ましくは数nm、具体的には8nmの厚みを有する。上部光閉じ込め層5は、アンドープGaInAsPからなり、好ましくは数十nm、具体的には47nmの厚みを有する。第1上部クラッド層6は、p型GaInPからなり、好ましくは0.3~0.5μm、具体的には0.4μmの厚みを有する。ガイド層8は、p型GaAsからなり、好ましくは1.0~3.0nm、具体的には1.5nmの厚みを有する。第2上部クラッド層9は、p型GaInPからなり、好ましくは1~2μm、具体的には1.1μmの厚みを有する。

コンタクト層10は、p型GaAsからなる。電流ブロック層7は、n型AlGaInPかなり、クラッド層9と略同等の厚みを有する。誘電体薄膜31, 33, 35, 37は、SiNからなる。なお、誘電体薄膜20, 31, 33, 35, 37の材料として、SiNの代わりに、SiO<sub>2</sub>又はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いてよい。化合物材料100f及び100bは、共に、GaN系化合物半導体であり、Ga、In、As及びNを含む。なお、各化合物半導体層のエネルギー bandwidth ギャップの大きさは、それぞれの層の材料によって規定される値である。

【0012】次に、本半導体レーザの動作について説明する。上下の電極11及び12間に電圧を印加し、電流を供給すると、活性層4の分割溝直下の領域（活性領域）に、活性層4上部のp型半導体層6側から正孔が、活性層4下部のn型半導体層2側から電子が注入される。これらの注入キャリア密度が反転分布を作るのに必要な最小値を越えると、誘導放出作用による光利得と共に振器の光損失とが均衡し、レーザ動作が開始される。活性層4内部で発生したレーザ光は、共振器の反射端面間を往復しながら増幅され、低反射膜20の形成された側の出射端面から出射する。

【0013】以上、説明したように、本半導体レーザは、レーザ光をその端面から出射するための化合物半導体層4と、前記端面近傍に設けられ、元素Nを含み、化合物半導体層4よりも広いエネルギー bandwidth ギャップを有し、発振光に対して透明なウインドウ領域として機能する薄層を有する。

【0014】次に、本半導体レーザの製造方法について説明する。図2は、基板1を構成するウェハWの平面図である。このウェハWは、(100) GaAsウェハ（JUST基板）であり、オリエンテーションフラットOFに垂直な線分L1及びL2、平行な線分L3及びL8によって囲まれる素子形成領域を有する。本ウェハWの素子形成領域には、複数の半導体レーザが製造される。まず、このウェハWから、縦列した複数の半導体レーザ中間体から構成されるチップバーを製造する。以下、この素子形成領域内の1つの半導体レーザの形成される領域のウェハWの断面を用いて、このチップバーの製造方法について説明する。なお、以下の説明において、図2のウェハW上に複数の素子が形成されたものもウェハWとして説明を行う。

【0015】図3乃至図5は、図2のウェハWのX-X矢印断面によって示される半導体レーザ中間体を示す。上記チップバーの製造は、以下の方法を用いて行う。まず、図3に示すように、基板1(GaAsウェハW)上に、下部クラッド層2、下部光閉じ込め層3、活性層4、上部光閉じ込め層5、第1上部クラッド層6、ガイド層8及び第2上部クラッド層9を順次積層する。この積層は、有機金属気相成長(OMVPE)法を用いて行う。

【0016】次に、図4に示すように、第2上部クラッド層9及びガイド層8上の所定領域にマスクを形成し、これらの層9及び8を順次エッティングする。すなわち、まず、第2上部クラッド層9の露出領域をエッティング液を用いて逆メサ型にウエットエッティングする。なお、逆メサが形成されるのは、クラッド層9の結晶面方位に対するエッティング速度が異なっているためであり、エッティング液の濃度は、このようなエッティングが行われるよう適宜設定すればよい。なお、このエッティング時に、ガイド層8はエッティングブロック層として機能するので、ガイド層8の上側に位置する第2上部クラッド層9の露出領域のみが選択的にエッティングされる。しかし後、エッティング液を変えて、ガイド層8の露出領域をエッティングする。このエッティング時には、ガイド層8直下の第1上部クラッド層6がエッティングブロック層として機能するので、ガイド層8の露出領域のみが選択的にエッティングされる。

【0017】次に、図5に示すように、エッティングにより露出したガイド層8及び第2上部クラッド層9の露出表面を覆うように、電流ブロック層7を第1上部クラッド層6の上に形成する。電流ブロック層7の堆積は、その上面が、第2上部クラッド層9の上面と一致する程度まで行う。電流ブロック層7の形成後、第2上部クラッド層9上に形成されたマスクを除去し、コンタクト層10を第2上部クラッド層9及び電流ブロック層7上に形成する。この後、コンタクト層10及び基板1の露出表面にそれぞれ電極11及び12を蒸着する。最後に、図2に示したウエハWを、結晶方位に一致する線分L1～L8に沿って劈開し、チップバーを製造する。

【0018】図6は、このチップバーの正面図である。本チップバーは、図2の劈開面L1、L2、L3、L4によって囲まれた領域から取り出されたものである。同図に示すように、このチップバーは、同一構造の半導体レーザ中間体LD1～LD5を備えている。

【0019】次に、化合物材料100f、100b及び反射膜20、30の形成について説明する。図7は、図6に示したチップバーのY-Y矢印断面である。まず、出射面4fから、活性層4及び共通の端面を有する半導体層内に窒素原子を導入する。すなわち、図7に示すチップバーをECR(電子サイクロトロン共鳴)CVD装置内に導入し、ECR装置内で発生する窒素プラズマイオンが照射されるように配置する。この窒素原子の導入により、出射面4f近傍の活性層4が、化合物半導体材料100fに置換される。この化合物半導体材料100fは、Asを若干含むものの、活性層4内に当初存在したAs原子が、N原子と置換することにより、その主成分はGaNNとなる。なお、このとき、ECRプラズマCVD装置のチャンバ内において、高密度のプラズマが発生しない場合は、窒素ガスに加え、Arガスを当該チャンバ内に導入する。この場合、Arガスによって

窒素ガスの電離が促進され、窒素プラズマの密度が高くなり、端面の窒化が促進される。

【0020】窒素ガスは、古くからプロセスガスとして電子産業の分野で極めて広範に用いられており、高純度のものを安く、容易に入手することができるという利点がある。従って、窒素ガスを用いることで、低処理コストで且つ高純度の端面窒化処理を行うことができる。ここでは、プラズマ照射の手法としてECR方式を用いるが、高純度プラズマの照射が可能であって、且つ、半導体表面に対して損傷を与えないイオンを照射できる方式であれば、ヘリコン波方式を用いてもよい。これらの磁場及びマイクロ波の相互作用を利用した方式は、端面近傍へのダメージを導入することができなく、窒素ガス等を端面から半導体層内へ導入することができる。さらに、これらの方程式は、低温(数十°C)においても行うことができるため、製造時に、半導体層内へ熱的なダメージが導入されない。

【0021】本方式による活性層4の窒化においては、主として、活性層4内のGaとNとが結合し、10～20nmの厚みを有するGaN系化合物半導体層が形成されていると考えられる。この化合物半導体層は、上記方式を用いているため、低表面準位密度の良質な高抵抗層である。このような良質のGaN系化合物半導体層100fは、その端面14fへのリーク電流を低減し、反射膜20との界面における非発光再結合中心の低減、COD劣化の防止が期待できる。さらに、この半導体層100fは、エネルギーバンドギャップが活性層4よりも広いため、出射されるレーザ光の波長に対しては透明なウインドウ領域として機能する。そして、これらの相乗効果により、COD劣化を劇的に抑制することが可能となる。

【0022】図8は、化合物材料100fの形成されたチップバーのY-Y矢印断面図である。化合物材料100fの形成後、活性層4の出射面4fに対向する端面4b側から、活性層4内に窒素原子を導入する。この導入工程は、化合物材料100fを形成する工程と同一であるので、説明を省略する。

【0023】図9は、双方の端面にそれぞれ化合物材料100f及び100bの形成されたチップバーのY-Y矢印断面図である。これらの材料100f及び100bの形成後、このECRプラズマCVD装置を用いて、反射膜20を化合物材料100fの出射面14f上に形成する。すなわち、厚み100nm以上のSiN反射膜20を出射面14f上に形成する。

【0024】図10は、反射膜20の形成されたチップバーのY-Y矢印断面図である。形成された反射膜20の波長0.98μmのレーザ光に対する反射率は、好ましくは10%以下、具体的には3%である。次に、このECR装置を用いて、反射膜30を化合物材料100bの高反射面14b上に形成する。すなわち、高反射面1

4 b 上に、SiN膜を4層、アモルファスSi膜を3層、互いに交互に積層する。この工程により、複数の半導体レーザからなるチップバーが形成される。なお、図11は、完成した半導体レーザを備えたチップバーのY-Y矢印断面図である。形成された反射膜30の波長0.98 μmのレーザ光に対する反射率は、好ましくは90%以上、具体的には93%である。

【0025】最後に、図6に示した劈開面L9～L12に沿って各半導体レーザLD1～LD5を分離することにより、図1に示した半導体レーザが製造される。

【0026】次に、別の実施の態様に係る半導体レーザ及びその製造方法について、説明する。本半導体レーザの構造は、図1に示したものと同一であり、化合物材料100f及び100bの材料のみが異なる。本実施の態様における化合物材料100f及び100bの材料は、GaInAsPである。なお、説明においては、上記化合物半導体において、構成元素の比率が異なる場合、例えば、GaInAs<sub>x</sub>P<sub>1-x</sub>(0≤x<1)においても、単に、GaInAsPと記載する。GaInAsPもGaInAsより、そのエネルギー-bandギャップが広く、出射レーザ光の波長に対してウインドウとして機能する。

【0027】次に、本半導体レーザの製造方法について説明する。本方法は、上述の実施の態様に係る製造方法と比較して、端面4f及び4bを介して活性層4内に導入する元素の種類のみが異なる。本方法において、活性層4及び共通の端面を有する半導体層内に隣原子を導入する。導入においては、上記と同一のCVD装置を用い、PH<sub>3</sub>ガス、若しくはPH<sub>3</sub>ガスとArガスの混合ガスを、窒素ガスの代わりに用いる。この導入により、活性層4の端面4f及び4b近傍の領域中のAs原子の一部又は全部はP原子と置換され、GaInAsPからなる化合物材料100f及び100bが形成される。このGaInAsP層は、活性層4よりもエネルギー-bandギャップの広い、所謂ウインドウ領域として機能し、そのため、端面における光吸収が抑制され、COD耐性が劇的に向上する。さらに、本方法によれば、これらの端面4f及び4bが、P及びHによってバッシベートされることにより、端面の表面準位が大幅に低減され、これもCOD劣化防止に有効に寄与する。また、PH<sub>3</sub>ガスは、高純度を要求される有機金属気相成長(OMVP-E)法用の原料ガスとして、古くからその精製技術が発達しており、高純度のものを低価格で容易に入手することができ、且つ、バッシベートに有効なP及びHを同時に発生することができる。したがって、PH<sub>3</sub>ガスを用いることにより、低処理コストで高純度且つ高効率の端面隣、水素処理を行うことができる。さらに、本プラズマ照射により、As空格子等の表面欠陥がP原子により充填され、P原子の添加により、表面準位形成の要因となるAs自由原子の形成が抑制されるとともに、水素ブ

ラズマにより端面が清浄化され、バッシベーションされて表面欠陥がさらに減少する。また、本プラズマ処理の際に発生するPの空格子に起因する欠陥がPプラズマによってバッシベーションされ、表面準位をさらに低減させることができる。また、P及びHのプラズマを併せて照射することにより、プラズマ照射後、高温アニールを行っても、深い準位の欠陥の発生が抑制される。なお、反射膜20及び30は、通常のCVD法又はスパッタ法等を用いて形成してもよい。

【0028】以上、説明したように、本製造方法は、化合物半導体層4の端面4fから、化合物半導体層4内に化合物半導体層4に含まれない元素を導入し、化合物半導体層4の端面4f近傍の領域を、この元素を含み、化合物半導体層4よりも広いエネルギー-bandギャップを有し、且つ、その中を通じて化合物半導体層4内部で発生したレーザ光が出射される化合物材料100fに置換する。なお、本発明に係る半導体レーザにおいては、活性層4の材料として、GaInAsを用いたが、これは、GaAs、GaInP、AlGaInP、GaInAsP又はGaInAsN等を代わりに用いてもよい。また、本発明に係る半導体レーザにおいては、クラッド層2、6の材料として、GaInPを用いたが、AlGaInP又はAlGaAs等を代わりに用いてもよい。さらに、上記元素の導入は、磁場とマイクロ波の相互作用を利用して、前記元素をプラズマ化することにより行うことが好ましい。なお、活性層4としては、端面近傍に形成されるGaInAsPよりも狭いエネルギー-bandギャップを有するGaInAsPを採用することも可能である。

【0029】

【発明の効果】本発明の製造方法を用いることにより、COD耐性を向上させ、高出力長時間の連続発光を行うことが可能な半導体レーザを製造することができる。また、本方法は、反射膜形成の前処理の一環として簡単に実施することができるので、通常の半導体レーザプロセスとの整合性が高く、生産性、製造コストを損なうことがない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】半導体レーザの斜視図。

【図2】ウエハの平面図。

【図3】半導体レーザ中間体の断面図。

【図4】半導体レーザ中間体の断面図。

【図5】半導体レーザ中間体の断面図。

【図6】チップバーの正面図。

【図7】チップバーの断面図。

【図8】チップバーの断面図。

【図9】チップバーの断面図。

【図10】チップバーの断面図。

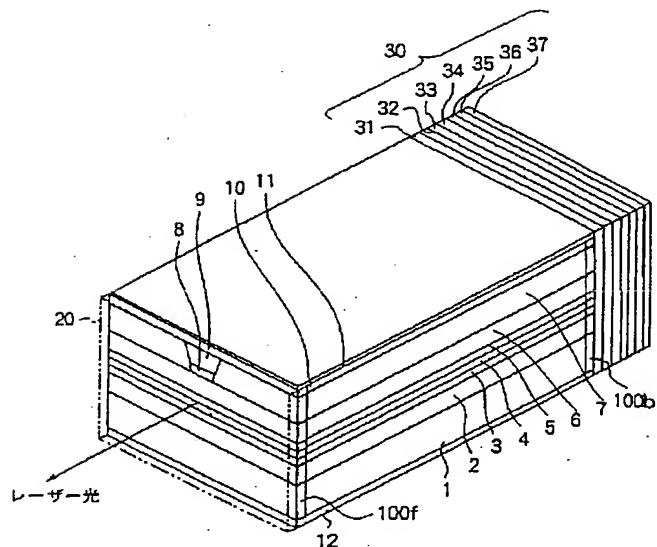
【図11】チップバーの断面図。

#### 【符号の説明】

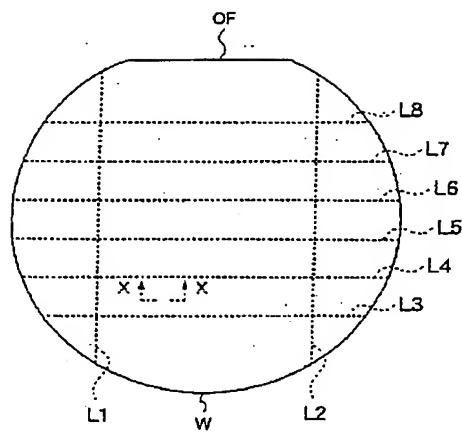
9  
4…化合物半導体層、4f, 14f…端面、100f…化合物材料。

10

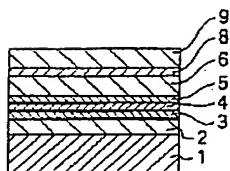
【図1】



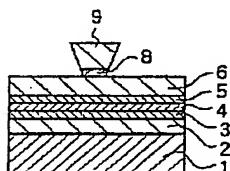
【図2】



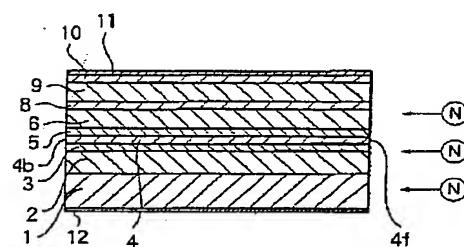
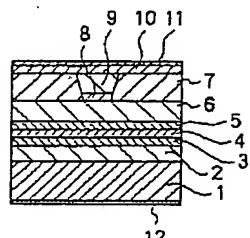
【図3】



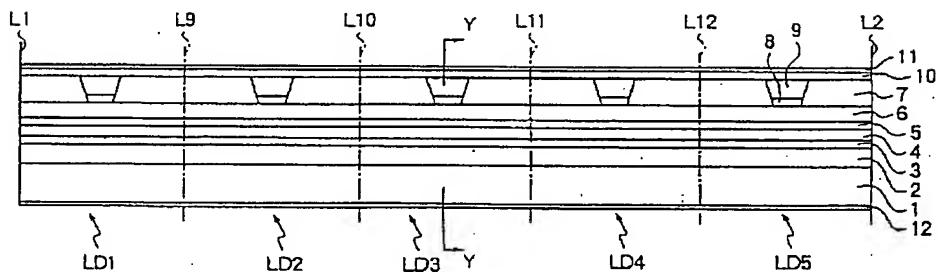
【図4】



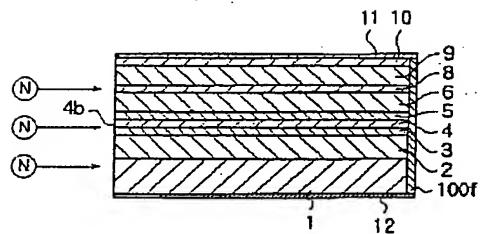
【図5】



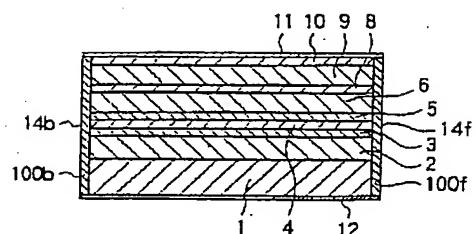
【図6】



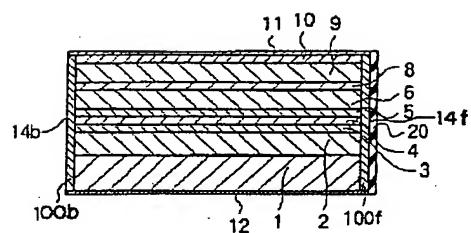
【図 8】



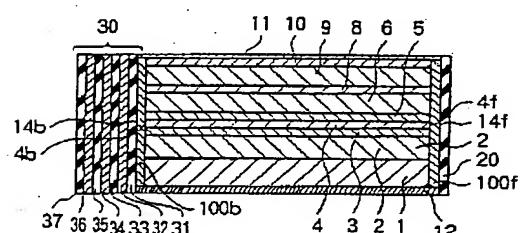
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 福井 二郎

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-084161

(43)Date of publication of application : 31.03.1998

(51)Int.Cl. H01S 3/18

(21)Application number : 08-237023 (71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

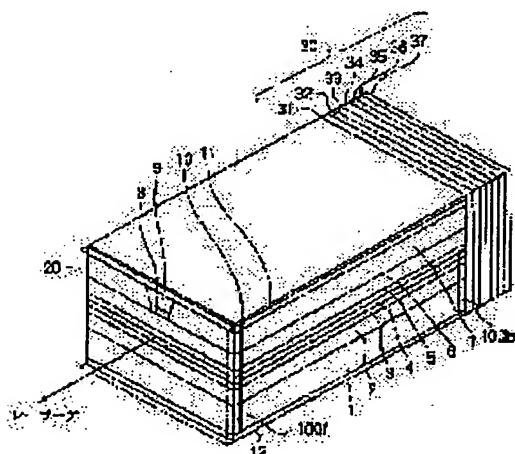
(22)Date of filing : 06.09.1996 (72)Inventor : HASHIMOTO JUNICHI  
MURATA MICHO  
IKOMA NOBUYUKI  
FUKUI JIRO

### (54) SEMICONDUCTOR LASER AND ITS MANUFACTURING METHOD

#### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To keep the continuous high output light emission for a long time.

**SOLUTION:** An element N which is not contained in an active layer 4 is introduced into the active layer 4 through its end surface. Then, a region near the upper end surface of the active layer 4 is replaced with compound material 100f which contains the element N and has an energy band gap wider than the energy band gap of the active layer 4 and, further, through which a laser beam generated in the active layer 4 is emitted.



[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

[Claim(s)]

[Claim 1] The manufacture approach of the semiconductor laser characterized by having the process which introduces an element and permutes the field near [ said ] the end face of said compound semiconductor layer by the compound ingredient which has an energy band gap larger than said compound semiconductor layer from the end face of a compound semiconductor layer.

[Claim 2] Said installation is the manufacture approach of the semiconductor laser according to claim 1 characterized by carrying out by plasma-izing said element using the interaction of a magnetic field and microwave.

[Claim 3] Semiconductor laser characterized by having a compound semiconductor layer for carrying out outgoing radiation of the laser beam from the end face, and the layer which is prepared near [ said ] the end face and has an energy band gap larger than said compound semiconductor layer.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the semiconductor laser used in fields, such as optical communication, optical recording, and optical information processing, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] The conventional semiconductor laser was difficult to perform continuation luminescence of long duration by high power. If there is semiconductor laser which fulfills such a property, while being able to reduce especially the number of the optical repeaters which have the semiconductor laser concerned inside in long-distance optical communication, it becomes unnecessary to exchange this semiconductor laser. It is thought that one of the causes which cannot carry out long duration continuation luminescence of the semiconductor laser in high power is in melting destruction of the optical outgoing radiation end face at the time of high power. Since it is suddenly generated during high power continuation luminescence actuation of semiconductor laser, this failure is called COD (Catastrophic Optical Damage). Especially, COD occurs frequently in semiconductor laser with an oscillation wavelength of 1.1 micrometers or less. As the light source for optical fiber amplifiers represented by EDFA (erbium addition fiber amplifier), although semiconductor laser with an oscillation wavelength of about 0.98 micrometers is expected, since it is difficult to perform continuation luminescence of high power long duration as mentioned above, by semiconductor laser with a current wavelength of 1.1 micrometers or less, the utilization of long-distance optical communication using such an optical fiber amplifier is obstructed.

[0003] The consistency of the nonluminescent recombination center between a semiconductor laser barrier layer end face and the reflective film can be reduced, or it is possible to control the growth as a means to control COD. Since the semiconductor layer of a wide energy band gap functions as a non-absorbing field [ near the end face ], growth of a nonluminescent recombination center is suppressed and end-face degradation stops easily being able to produce the so-called window structure which forms the semiconductor layer of a transparent wide energy band gap in this end face to the light of oscillation wavelength. Moreover, the structure of reducing the leakage current to an end face by preparing current a non-pouring in field near the end face of a barrier layer is also considered, and growth of the nonluminescent pin center, large in an end face is prevented by reduction of \*\* and this leakage current. Furthermore, the semiconductor laser of the structure which coated the end face with the super-thin film with a thickness of several nm

which is indicated by U.S. Pat. No. 5144634 is considered.

[0004] Moreover, the approach of forming the end face of a barrier layer into high resistance is indicated by introducing into JP,6-5986,A the same element as the element contained in a barrier layer from the end face concerned.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, it is necessary to need the cleavage in the inside of a vacuum, or to prepare a new semi-conductor layer in an end face, and the manufacturing installation is complicated also in the semiconductor laser of which structure. Moreover, it is thought that the repeatability of the semiconductor laser manufactured using such an approach is not high, either. And although high resistance is formed near the end face of a barrier layer when introducing the same element as the element contained in a barrier layer from the end face concerned, it cannot be said that the continuation luminescence property of the high power long duration of the manufactured semiconductor laser is enough.

[0006] This invention is made in order to solve such a technical problem, and it aims at offering the semiconductor laser which can perform continuation luminescence of high power long duration, and its manufacture approach.

[0007]

[Means for Solving the Problem] From the end face of a compound semiconductor layer, the manufacture approach of the semiconductor laser concerning this invention introduces an element, and is equipped with the process which permutes the field near the end face of a compound semiconductor layer by the compound ingredient which has an energy band gap larger than a compound semiconductor layer. Since according to this approach an element is introduced from the end face concerned and the compound ingredient which has energy band GYAPU larger than this compound semiconductor layer permutes the compound semiconductor layer near the end face, it can function near the end face of a compound semiconductor layer as the so-called transparent window area to oscillation wavelength, and it can prevent end-face degradation. Moreover, this compound semiconductor layer is GaInAs, GaInAsP, or GaInAsN, and, as for said element, it is desirable that they are nitrogen or a next door. A part of GaInAs, GaInAsP, or GaInAsN is permuted with a GaN system compound semiconductor with an energy band gap larger than the above-mentioned compound semiconductor layer, a GaInAsP system compound semiconductor, or a GaP system compound semiconductor by the permutation with these elements. Furthermore, as for this installation, it is desirable to carry out by plasma-izing said element using the interaction of a magnetic field and microwave, and a good compound layer is formed in this case. And the semiconductor laser manufactured by such approach is equipped with the compound semiconductor layer for carrying out outgoing radiation of the laser beam from that end face, and the layer which is prepared in this end face and has an energy band gap larger than said compound semiconductor layer.

[0008]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of 1 operation of the semiconductor laser concerning this invention and its manufacture approach is explained using an attached drawing. In addition, to the same element, the overlapping explanation is omitted using the same sign.

[0009] Drawing 1 is the perspective view of the semiconductor laser concerning the gestalt of this operation. First, the structure of this semiconductor laser is explained. This semiconductor laser is equipped with the lower cladding layer 2 by which the laminating was carried out one by one on the substrate 1, the lower optical confinement layer 3, a barrier layer (compound semiconductor layer) 4, the up optical confinement layer 5, the 1st up cladding layer 6, the guide layer 8, the 2nd up cladding layer 9, and the contact layer 10, and 0.9-1.1 micrometers of things specifically done for the outgoing radiation of the laser beam with a wavelength of 0.98 micrometers are preferably possible for it. Moreover, this semiconductor laser has the current block layer 7 divided by the slot which extends in the longitudinal direction between the 1st up cladding layer 6 and the contact layer 10. The guide layer 8 and the 2nd up cladding layer 9 are laid underground in the slot (henceforth,

division slot) which divides the current block layer 7. The ohmic electrodes 11 and 12 are formed in contact layer 10 top face and substrate 1 inferior surface of tongue, respectively. [0010] The field directly under a division slot of the compound semiconductor layers 2-6 and Mizouchi's layers 8 and 9 constitute a resonator, and the end face of these layers including the both ends of a division slot longitudinal direction constitutes the reflective end face (crystal cleavage plane) of resonator both ends. On the reflective end face (henceforth, outgoing radiation side) of the side to which outgoing radiation of the laser beam is carried out, 100f of compound ingredients which have an energy band gap larger than a barrier layer 4 is formed. Moreover, on the front face of 100f of compound ingredients, the SiN reflective reduction film (henceforth, reflective film) 20 is formed. Compound ingredient 100b which has an energy band gap larger than a barrier layer 4 is formed in the reflective end face (henceforth, high reflector) which counters an outgoing radiation side. The multilayer reflective film 30 is formed by the front-face top of this compound ingredient 100b. The multilayer reflective film 30 consists of the dielectric thin film 31, the amorphous silicon film 32, the dielectric thin film 33, the amorphous silicon film 34, a dielectric thin film 35, amorphous silicon film 36, and a dielectric thin film 37. [0011] Next, the ingredient of each component etc. is explained. A substrate 1 consists of an n mold GaAs, and has the thickness of about 100 micrometers. The lower cladding layer 2 consists of an n mold GaInP, and specifically has 1.2 micrometers of thickness of 1.5 micrometers preferably. The lower optical confinement layer 3 consists of undoping GaInAsP, and specifically has the dozens of nm thickness of 47nm preferably. A barrier layer 4 consists of undoping GaInAs, and specifically has the several nm thickness of 8nm preferably. The up optical confinement layer 5 consists of undoping GaInAsP, and specifically has the dozens of nm thickness of 47nm preferably. The 1st up cladding layer 6 consists of a p mold GaInP, and specifically has 0.3-0.5 micrometers of thickness of 0.4 micrometers preferably. The guide layer 8 consists of a p mold GaAs, and specifically has 10-30nm of thickness of 15nm preferably. The 2nd up cladding layer 9 consists of a p mold GaInP, and specifically has 1.2 micrometers of thickness of 1.1 micrometers preferably. The contact layer 10 consists of a p mold GaAs. The current block layer 7 has the thickness of an n mold AlGaInP remarkable, a cladding layer 9, and an abbreviation EQC. The dielectric thin films 31, 33, 35, and 37 consist of SiN. In addition, SiO<sub>2</sub> or aluminum 2O<sub>3</sub> may be used instead of SiN as an ingredient of the dielectric thin films 20, 31, 33, 35, and 37. Both the compound ingredients 100f and 100b are GaN system compound semiconductors, and contain Ga, In, As, and N. In addition, the magnitude of the energy band gap of each compound semiconductor layer is a value specified with the ingredient of each layer.

[0012] Next, actuation of this semiconductor laser is explained. When an electrical potential difference is impressed and a current is supplied between the up-and-down electrode 11 and 12, an electron is poured into the field directly under a division slot of a barrier layer 4 (active region) for an electron hole from the n-type-semiconductor layer 2 side of the barrier layer 4 lower part from the p type semiconductor layer 6 side of the barrier layer 4 upper part. If the minimum value required for these impregnation carrier consistencies to make the inverted population is exceeded, the Mitsutoshi profit by induced emission operation and the optical loss of a resonator will be balanced, and laser actuation will be started. The laser beam generated in the barrier layer 4 interior is amplified going and coming back to the reflective edge face-to-face of a resonator, and carries out outgoing radiation from the outgoing radiation end face of the side in which the low reflective film 20 was formed.

[0013] As mentioned above, as explained, this semiconductor laser is prepared the compound semiconductor layer 4 for carrying out outgoing radiation of the laser beam from the end face, and near [ said ] the end face, has an energy band gap larger than the compound semiconductor layer 4 including Element N, and has the thin layer which functions as a transparent window area to oscillation light.

[0014] Next, the manufacture approach of this semiconductor laser is explained. Drawing 2 is the top view of the wafer W which constitutes a substrate 1. This wafer W is a GaAs

(100) wafer (JUST substrate), and has the component formation field surrounded by the segments L1 and L2 perpendicular to an orientation flat OF, and the parallel segments L3 and L8. Two or more semiconductor laser is manufactured by the component formation field of this wafer W. First, the chip bar which consists of two or more semiconductor laser intermediate products which carried out the column is manufactured from this wafer W. Hereafter, the manufacture approach of this chip bar is explained using the cross section of the wafer W of the field in which one semiconductor laser in this component formation field is formed. In addition, in the following explanation, that by which two or more components were formed on the wafer W of drawing 2 also explains as a wafer W.

[0015] Drawing 3 thru/or drawing 5 show the semiconductor laser intermediate field shown by the X-X arrow-head cross section of the wafer W of drawing 2. Manufacture of the above-mentioned chip bar is performed using the following approaches. First, as shown in drawing 3, the laminating of the lower cladding layer 2, the lower optical confinement layer 3, a barrier layer 4, the up optical confinement layer 5, the 1st up cladding layer 6, the guide layer 8, and the 2nd up cladding layer 9 is carried out one by one on a substrate 1 (GaAs wafer W). this laminating -- organic metal vapor growth (OMVPE) -- it carries out using law.

[0016] Next, as shown in drawing 4, a mask is formed in the predetermined field on the 2nd up cladding layer 9 and the guide layer 8, and sequential etching of these layers 9 and 8 is carried out. That is, wet etching of the exposed region of the 2nd up cladding layer 9 is first carried out to a reverse mesa mold using an etching reagent. In addition, what is necessary is to form a reverse mesa, because the etch rates to crystal-face bearing of a cladding layer 9 differ, and just to set up the concentration of an etching reagent suitably so that such etching may be performed. In addition, since the guide layer 8 functions as an etching block layer at the time of this etching, only the exposed region of the 2nd up cladding layer 9 located in the guide layer 8 bottom is etched alternatively. After an appropriate time, an etching reagent is changed and the exposed region of the guide layer 8 is etched. At the time of this etching, since the 1st up cladding layer 6 of guide layer 8 directly under functions as an etching block layer, only the exposed region of the guide layer 8 is etched alternatively.

[0017] Next, as shown in drawing 5, the current block layer 7 is formed on the 1st up cladding layer 6 so that the exposure front face of the guide layer 8 exposed by etching and the 2nd up cladding layer 9 may be covered. Deposition of the current block layer 7 is performed to extent whose top face of the corresponds with the top face of the 2nd up cladding layer 9. The mask formed on the 2nd up cladding layer 9 is removed after formation of the current block layer 7, and the contact layer 10 is formed on the 2nd up cladding layer 9 and the current block layer 7. Then, electrodes 11 and 12 are vapor-deposited on the contact layer 10 and the exposure front face of a substrate 1, respectively. Finally in accordance with the segments L1-L8 which are in agreement with crystal orientation, cleavage of the wafer W shown in drawing 2 is carried out, and a chip bar is manufactured.

[0018] Drawing 6 is the front view of this chip bar. This chip bar is taken out from the field surrounded by the cleavage planes L1, L2, L3, and L4 of drawing 2. As shown in this drawing, this chip bar is equipped with the semiconductor laser intermediate fields LD1-LD5 of the same structure.

[0019] Next, formation of the compound ingredients 100f and 100b and the reflective film 20 and 30 is explained. Drawing 7 is the Y-Y arrow-head cross section of the chip bar shown in drawing 6. First, a nitrogen atom is introduced from 4f of outgoing radiation sides in the semi-conductor layer which has a barrier layer 4 and a common end face. That is, the chip bar shown in drawing 7 is introduced in an ECR (electron cyclotron resonance) CVD system, and it arranges so that the nitrogen plasma ion generated within ECR equipment may be irradiated. The barrier layer 4 of about 4f of outgoing radiation sides is permuted with 100f of compound semiconductor ingredients by installation of this nitrogen atom. Although 100f of this compound semiconductor ingredient contains As a little, when As atom which existed in the barrier layer 4 at the beginning permutes by N atom, that

principal component consists of GaInN. In addition. When the plasma of high density does not occur in the chamber of an ECR plasma CVD system at this time, in addition to nitrogen gas, Ar gas is introduced in the chamber concerned. In this case, by Ar gas, ionization of nitrogen gas is promoted, the consistency of the nitrogen plasma becomes high and nitriding of an end face is promoted.

[0020] Nitrogen gas is used very extensively in the field of electronic industry as process gas for many years, and there is an advantage that it can be cheap and the thing of a high grade can come to hand easily. Therefore, by using nitrogen gas, it is low processing cost and end-face nitriding treatment of a high grade can be performed. Here, although an ECR method is used as the technique of a plasma exposure, as long as it is the method which can irradiate the ion which the exposure of the high grade plasma is possible, and does not do damage to a semi-conductor front face, a helicon wave method may be used. The method using the interaction of these magnetic fields and microwave cannot introduce the damage near the end face, and can introduce nitrogen gas etc. into a semi-conductor layer from an end face. Furthermore, since these methods can be held also in low temperature (dozens of degreeC), a thermal damage is not introduced into a semi-conductor layer at the time of manufacture.

[0021] In nitriding of the barrier layer 4 by this method, Ga and N in a barrier layer 4 join together, and it is mainly thought that the GaN system compound semiconductor layer which has the thickness which is 10-20nm is formed. Since the above-mentioned method is used for this compound semiconductor layer, it is a high resistive layer with a good low surface level consistency. 100f of such good GaN system compound semiconductor layers reduces 14f [ of the end face ] leakage current, and they can expect reduction of the nonluminescent recombination center in an interface with the reflective film 20, and prevention of COD degradation. Furthermore, since 100f of this semi-conductor layer has the energy band gap larger than a barrier layer 4, it functions as a transparent window area to the wavelength of the laser beam by which outgoing radiation is carried out. And these synergistic effects enable it to control COD degradation dramatically.

[0022] Drawing 8 is the Y-Y arrow-head sectional view of the formed chip bar of 100f of compound ingredients. A nitrogen atom is introduced in a barrier layer 4 after formation of 100f of compound ingredients from the end-face 4b side which counters 4f of outgoing radiation sides of a barrier layer 4. Since this introductory process is the same as the process which forms 100f of compound ingredients, explanation is omitted.

[0023] Drawing 9 is the Y-Y arrow-head sectional view of the chip bar with which the compound ingredients 100f and 100b were formed in both end faces, respectively. The reflective film 20 is formed after formation of these ingredients 100f and 100b using this ECR plasma CVD system on 14f of outgoing radiation sides of 100f of compound ingredients. That is, the SiN reflective film 20 with a thickness of 100nm or more is formed on 14f of outgoing radiation sides.

[0024] Drawing 10 is the Y-Y arrow-head sectional view of a chip bar in which the reflective film 20 was formed. The reflection factor to a laser beam with a wavelength [ of the formed reflective film 20 ] of 0.98 micrometers is specifically 3% 10% or less preferably. Next, the reflective film 30 is formed on high reflector 14b of compound ingredient 100b using this ECR equipment. That is, on high reflector 14b, an SiN film is made into four layers and the laminating of the three layers of the amorphous silicon film of each other is made by turns. Of this process, the chip bar which consists of two or more semiconductor laser is formed. In addition, drawing 11 is the Y-Y arrow-head sectional view of the chip bar equipped with the completed semiconductor laser. The reflection factor to a laser beam with a wavelength [ of the formed reflective film 30 ] of 0.98 micrometers is specifically 93% 90% or more preferably.

[0025] The semiconductor laser shown in drawing 1 is manufactured by finally separating each semiconductor laser LD1-LD5 along with the cleavage planes L9-L12 shown in drawing 6.

[0026] Next, the semiconductor laser concerning the mode of another operation and its manufacture approach are explained. The structure of this semiconductor laser is the same

luminescence of a high power long time can be manufactured. Moreover, since this approach can be easily enforced as part [ reflective film formation ] of pretreatment, its adjustment with the usual semiconductor laser process is high, and it does not spoil productivity and a manufacturing cost.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The perspective view of semiconductor laser.

[Drawing 2] The top view of a wafer.

[Drawing 3] The sectional view of semiconductor laser intermediate field.

[Drawing 4] The sectional view of semiconductor laser intermediate field.

[Drawing 5] The sectional view of semiconductor laser intermediate field.

[Drawing 6] The front view of a chip bar.

[Drawing 7] The sectional view of a chip bar.

[Drawing 8] The sectional view of a chip bar.

[Drawing 9] The sectional view of a chip bar.

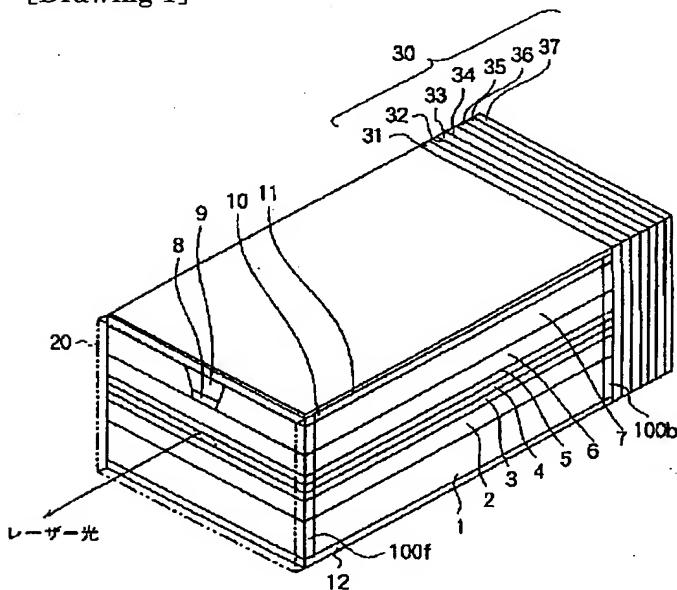
[Drawing 10] The sectional view of a chip bar.

[Drawing 11] The sectional view of a chip bar.

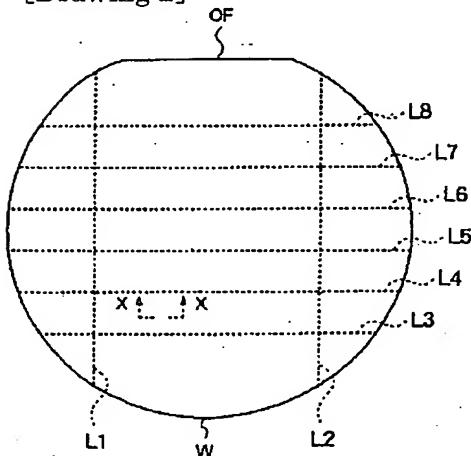
[Description of Notations]

4 -- A compound semiconductor layer, 4f, 14f -- An end face, 100f -- Compound ingredient.

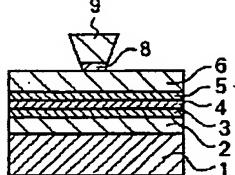
[Drawing 1]



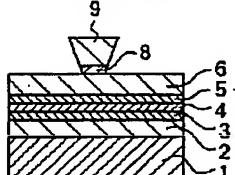
[Drawing 2]



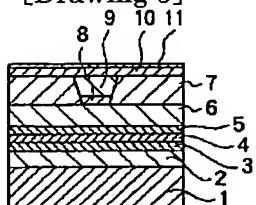
[Drawing 3]



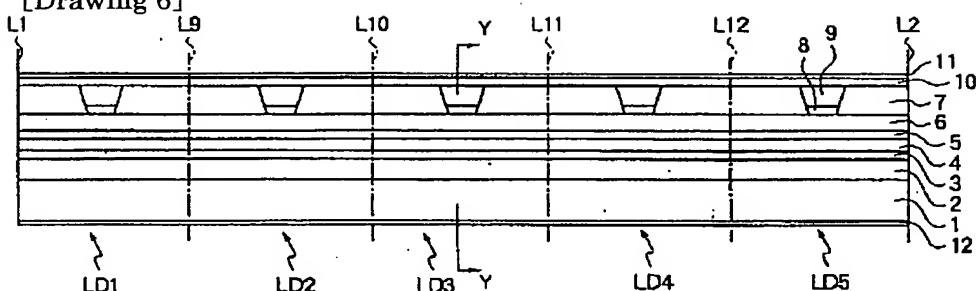
[Drawing 4]



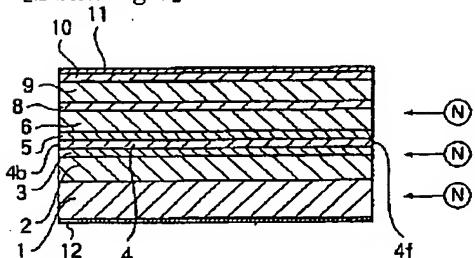
[Drawing 5]



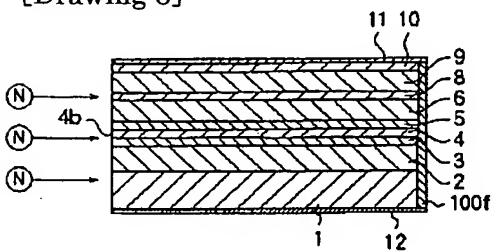
[Drawing 6]



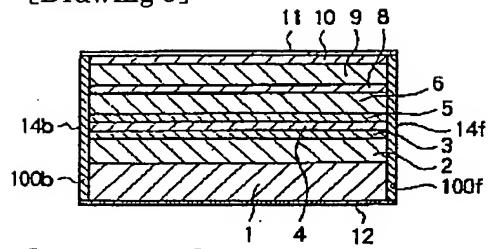
[Drawing 7]



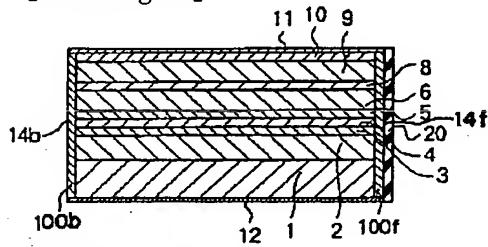
[Drawing 8]



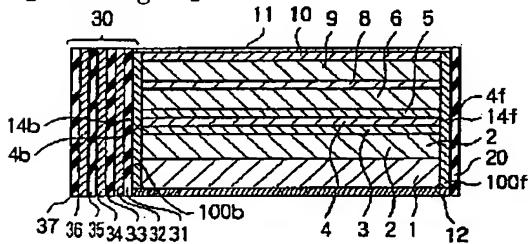
[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Drawing 11]



JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.